



Information and communication technologies & electronics (ICTE)-based livestock biosignals monitoring system

Sistema de monitorização de biosinais de gado baseado em tecnologias da informação e comunicação & eletrónica (TICE)

Ana Rita Reigones ;ritareigones@hotmail.com

Universidade da Beira Interior

Pedro Dinis Gaspar - dinis@ubi.pt

Universidade da Beira Interior

Nuno M. Garcia - nmgs@ubi.pt

Universidade da Beira Interior

Abstract

The focus on the application of information and communication technologies & electronics (ICTE) in agriculture has been very fast and very diversified. With the adoption of increasingly efficient and modern technologies, agriculture in general improves its competitiveness and production is carried out in a more sustainable way. The intensive use of ICTE in this sector has been aimed at creating integrated solutions that generate effective gains in productivity, sustainability and economic, social and environmental quality. ICTEs aimed at monitoring livestock have some common characteristics. Precise positioning and geolocation from GPS, geographic mapping, sensors and communication systems constitute a complete and extremely accurate system for monitoring vital signs. Within the electronics, it also are included the data acquisition and processing, directed to the control, regulation and performance. These technologies, coupled with extensive veterinary health research, enable the creation of an accurate monitoring system. This paper includes a proposal for a ICTE-based livestock monitoring system developed as a collar, which will allow the evaluation of the heart rate and temperature of each animal. The correct evaluation of these two parameters only, proves to be very useful for many of the pathologies and anomalies that constitute economic losses for the producers. With precise monitoring, it is possible to overcome these harmful events to the livestock.

Resumo

A aposta na aplicação das tecnologias da informação e comunicação & eletrónica (TICE) na agropecuária tem seguido um compasso muito rápido e muito diversificado. Com a adoção de tecnologias cada vez mais eficientes e modernas, a agricultura no geral melhora a sua competitividade e a produção é realizada de forma mais sustentável. O uso intensivo das TICE neste setor tem visado a criação de soluções integradas que originem ganhos efetivos em produtividade, sustentabilidade e qualidade económica, social e ambiental. As TICE dirigidas à monitorização de gado apresentam algumas características comuns. O posicionamento preciso e geolocalização a partir do GPS, o mapeamento geográfico, os sensores e os sistemas de comunicação constituem um sistema completo e de extrema precisão no que toca à monitorização de sinais vitais. Dentro da eletrónica, inclui-se ainda a aquisição e o processamento de dados, dirigida ao controlo, regulação e atuação. Estas vertentes da tecnologia aliadas a uma extensa pesquisa acerca de saúde veterinária permitem a criação de um sistema de monitorização precisa. Neste artigo é proposto um sistema de monitorização de gado com base nas TICE desenvolvido sob a forma de coleira, que permitirá avaliar o batimento cardíaco e temperatura de cada animal. A avaliação correta destes dois parâmetros apenas, revela-se muito útil para grande parte das patologias e anomalias que constituem perdas económicas para os produtores. Com uma monitorização precisa, é possível contrariar esses efeitos negativos na produção animal.

Keywords

Monitoring; Agriculture 4.0; Veterinary Health; Sustainability; Sustainability



As tecnologias da informação e comunicação & eletrónica (TICE) no setor agropecuário

1. Enquadramento

O sector agrícola é muito importante na economia e sustentabilidade de um país. Com o aumento cada vez mais acentuado da população, a tarefa de proporcionar alimentação com qualidade a todos é cada vez mais complicada. Nos próximos 15 anos, é expectável que o consumo de carne a nível global aumente 40%, precisamente devido ao aumento demográfico, visto que no ano 2025 são previstos 8 mil milhões de habitantes em todo o mundo, e em 2050, 9,6 mil milhões [1].

Segundo a FAO [2], a procura global de produtos provenientes de gado aumentará 70% em 2050 e atualmente estima-se que cerca de mil milhões de pessoas consideradas pobres dependam da criação de gado para obterem alimentos e rendimento. Apesar da necessidade da criação de gado, este setor contribui negativamente no que toca de gases do efeito de estufa. Para cerca de 800 milhões de agricultores com reduzidos recursos, a criação de gado é a solução para a pobreza, contudo os ruminantes contribuem bastante na emissão de gases de estufa. Dentro das emissões causadas pelo Homem, 14,5% provêm deste setor, que é também o que ocupa mais área global de terreno agrícola devido a campos de pasto e cultivos para alimentação de gado. Este fenómeno ocorre porque os ruminantes possuem um processo digestivo muito complexo, para poderem digerir alimentos de baixa qualidade, como por exemplo a erva que ingerem nos campos de pasto. Este processo digestivo denomina-se por fermentação entérica e geralmente contribui com grandes quantidades de metano (CH₄) que são libertadas para a atmosfera.

A fermentação entérica é uma parte no processo digestivo de ruminantes, onde os micróbios decompõem e fermentam a comida que se encontra no sistema digestivo. O metano entérico é um produto do processo digestivo, que é libertado para a atmosfera através da eructação dos animais. A quantidade de gás libertado está diretamente relacionada com a sua alimentação, em termos de qualidade e quantidade, da energia que o animal consome, do seu tamanho e ritmo de crescimento e temperatura ambiente, entre outros fatores [2].

A intensidade de emissões é maior em países em desenvolvimento do que em países altamente industrializados, visto que nestes a produtividade é superior. Aumentar a produtividade nos países em desenvolvimento é crucial para a otimização e eficiência da produção, assim como para a melhoria na qualidade e segurança dos alimentos produzidos e para a diminuição das emissões de gases de efeito de estufa simultaneamente [2].

As emissões de metano entérico são preocupantes comparadas com outros gases devido às diferentes consequências que provocam. Este gás de meia-vida de 12 anos, capta 84 vezes mais calor em comparação com o CO₂ nas duas décadas após a sua libertação (Figura 1 - a)). O seu impacto no aquecimento global é 28 vezes maior do que o do CO₂ num período de 100 anos, como ilustrado na Figura 1 - b). Os ruminantes constituem 30% das emissões globais de metano (ver Figura 1 - c)). Dentro desse número, 77% é libertado por gado bovino, 14% búfalos e 9% ruminantes de pequenas dimensões, como ovinos e caprinos (ver Figura 1 - d)).

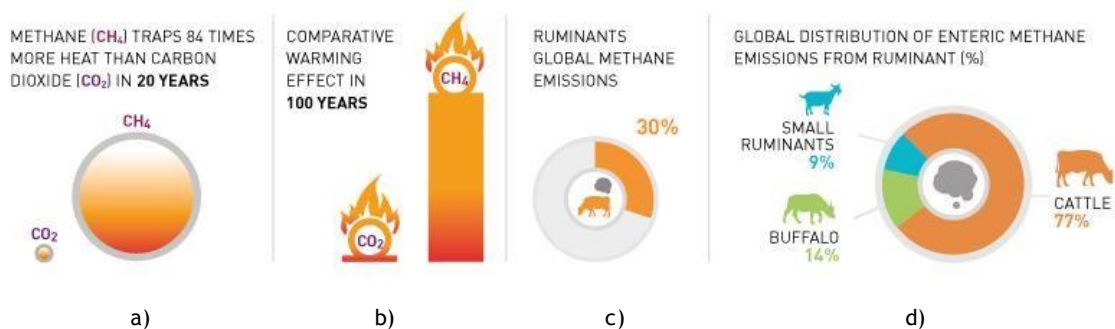


Figura 1 - Estatísticas acerca da emissão de metano por parte dos ruminantes [2].



Existe também um grande uso de outro recurso natural que é a água. A ótima gestão destes recursos é essencial para a manutenção da biodiversidade e diminuição da influência que este setor tem nas alterações climáticas. A otimização da produção permite que a emissão de gases diminua, pois, a qualidade e produtividade do processo aumenta [2].

2. O problema em estudo e a sua relevância

É urgente aumentar a produção de alimentos, e essa procura deve ser suprida de modo ecológico e sustentável tanto para os animais, como para os consumidores e para o meio ambiente. Neste projeto existem duas vertentes alimentares, pois apenas com bovinos são obtidos leite e carne, sendo o leite um bem essencial [1].

Este projeto enquadra-se na área de agricultura de precisão, precisamente na agropecuária. A agropecuária de precisão permite aos produtores que satisfaçam de modo mais eficiente e eficaz a procura atual e futura, e simultaneamente com qualidade, pois conseguirão gerir um maior número de animais com menos recursos humanos. No âmbito deste projeto, pretende-se que os produtores obtenham as avaliações dos parâmetros fisiológicos e posicionais dos animais sempre que pretendem, poupando-se assim tempo e dinheiro, pois o apoio veterinário irá apenas ser necessário em caso de um desvio dos parâmetros normais. Este tipo de monitorização não se cinge a bovinos, é reprogramável e adaptável a quase todos os animais. Atualmente, a dificuldade em monitorizar o gado já é sentida, e com o crescimento da população essa dificuldade irá aumentar bastante. As técnicas usuais de monitorização são insuficientes para uma atualização constante e acertada do estado de saúde dos animais, pois requerem muito investimento em recursos humanos e conhecimento veterinário, tudo para informações apenas esporádicas [1]. Um sistema com todas estas características, ou seja, capaz de monitorizar, comunicando sempre que o utilizador desejar, será muito útil e futuramente essencial para a sustentabilidade de uma produção.

O termo Agricultura 4.0 refere-se à modernização da agricultura no geral. Esta evolução já obteve resultados positivos, tanto na gestão de tempo como de recursos.

Apesar dos resultados serem ótimos quando comparada ao método tradicional, ainda há contrariedades, como sejam o investimento inicial na automatização da produção, pois tende a ser elevado, sendo também a adaptação das novas tecnologias por parte dos produtores outro obstáculo.

O objetivo da aplicação de um sistema de monitorização é a recolha e avaliação de dados de forma contínua, precisa e em tempo-real para a ajuda da tomada de decisão por parte do utilizador, enquanto se diminui os custos operacionais e minimiza a pegada ecológica. O ideal seria um custo diminuto do sistema, assim como uma interface intuitiva, acessível e simples para o utilizador. A agricultura 4.0 é uma área bastante atual e com elevado relevo a nível económico e ambiental, pois é crucial uma ótima utilização de recursos. Tanto a nível ambiental como humano, é necessária uma boa gestão de recursos para manter a sustentabilidade ambiental e económica da zona onde existe a produção e a nível global. Todos os mecanismos, patentes e projetos académicos acerca deste tema, têm em comum o objetivo de otimizar a produção, prevenindo doenças ou comportamentos prejudiciais por parte dos indivíduos. É também possível com o auxílio destes mecanismos, diminuir o período de espera entre gestações, pois através de certos fatores consegue-se avaliar a prontidão dos indivíduos quanto à próxima inseminação.

3. Saúde Veterinária

Uma das partes essenciais para o desenvolvimento do tema que envolve este trabalho reside na análise da saúde veterinária como um todo, no que diz respeito aos animais de gado. É crucial listar as patologias mais comuns, pois com a monitorização frequente dos animais, é possível deter estas patologias de se desenvolverem até um estado crítico. Idealmente, esta monitorização irá também impedir a propagação para outros animais, ou mesmo conseguir a prevenção total para que os animais não cheguem a contrair qualquer patologia.

Para além da prevenção de doenças, o estudo da saúde veterinária, aliado a um sistema de monitorização e regulação, tem a potencialidade de otimizar a produção de leite ao aumentar o intervalo entre o parto e a próxima conceção. Os sinais vitais dos animais, tais



como os batimentos cardíacos por minuto ou a frequência respiratória, podem revelar o seu estado de saúde. As patologias mais comuns têm efeito nestes fatores, podendo registar-se anomalias na maior parte dos casos. Com isto, é pertinente seguir estes parâmetros de cada indivíduo, de modo a poder deter atempadamente certas patologias de evoluírem ou alastrarem para outros animais. Na Tabela 1 encontra-se o intervalo normal de batimentos cardíacos por minuto (bpm) em repouso para várias espécies e na Tabela 2 as suas taxas respiratórias normais em repouso.

Tabela 1 - Intervalo de batimentos cardíacos por minuto (bpm) em repouso [3].

Espécie	Intervalo de bpm
Bovinos (leite)	48 - 84
Caprinos	70 - 80
Ovinos	70 - 80
Equinos	28 - 40
Suínos	70 - 120

Tabela 2 - Intervalo de respirações/min em repouso de várias espécies [3].

Espécie	Intervalo de respirações/min
Bovinos (leite)	26 - 50
Equinos	10 - 14
Suínos	32 - 58
Ovinos	16 - 34

Para o gado de campo, devido ao meio onde se encontra, não é relevante observar o intervalo de respirações/min nem os seus batimentos/min, pois são mais ativos, não havendo um intervalo normal de valores de bpm ou de respirações.

3.1 Patologias

Como foi referido no ponto 3, através da monitorização e controlo, ou seja, com o desenvolvimento da agricultura 4.0, é possível prevenir o aparecimento destas doenças e anomalias mais comuns e advertir o produtor para que ocorra um diagnóstico e tratamento atempados. Na Tabela 3 estão representadas as várias doenças e sintomas ou sinais observáveis e os sensores para cada uma. As patologias mais comuns são apresentadas abaixo, sendo estas o Stress Térmico, Claudicações, Mastite, Quistos Ováricos, Cetose, Febre do leite e Pneumonia.

Tabela 3 - Sensores adequados a cada tipo de anomalia [4].

Doença	Comportamentos anómalos/ Alterações Fisiológicas	Sensor adequado
Stress Térmico	Menor atividade/Desconforto	Acelerómetro
	Temperatura corporal muito elevada ou reduzida	Temperatura
Claudicações	Alterações na locomoção	Acelerómetros/Pedómetros
	Menos pastoreio	Célula de carga
Mastite	Menor produção	Acelerómetro
Quistos Ováricos	Menor produção/Menos pastoreio	Pressão
	Alterações de temperatura	Temperatura
	Qualidade do leite (condutividade elétrica)	Condutividade elétrica
Cetose	Menor pastoreio	Acelerómetro
	Ruminação	Microfone
	Hálito	Gases
Febre do leite	Alterações no movimento	Acelerómetro
Pneumonia	Tosse	Microfone
	Aumento da frequência respiratória	
	Menor apetite/Menos pastoreio	Acelerómetro



4. Testes Experimentais

Foi utilizado um microcontrolador BITalino (r)evolution [5], que consiste numa plataforma, simples e económica, não deixando de ser versátil, que contém todos os periféricos previamente ligados para uma utilização imediata e simples. O BITalino apresenta canais para eletromiografia (*Electromyography* - EMG), resposta galvânica da pele, (*Galvanic Skin Response*- GSR), Eletrocardiografia (*Electrocardiography* -ECG), fotopletismografia (*Photoplethysmography* - FPG) acelerómetro e fotodiodo [6] conforme exposto na Figura 2.



Figura 2 - BITalino (r)evolution Board Kit [5].

As características da plataforma BiTalino e do protótipo desenvolvido estão detalhadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Características da plataforma Bitalino [5].

Módulo	Características
Microcontrolador	Core: AVR328 Arduino
	Clock: 16 MHz
	SRAM: 1 Kb
	EEPROM: 2 Kb
Eletromiografia (EMG)	Número de Eléttodos: 3
	CMRR: -110 dB
	Impedância de Entrada: 1000GΩ 3pF
	Limites: 0 - 3,3 mV
	Ganho: 1000
	Largura de Banda: 10 -400 Hz
Resposta galvânica da pele (GSR)	Resolução: 10 bits
	Número de Eléttodos: 2
	Largura de Banda: 0 - 3 Hz
	Limites: 1 MΩ
Luz	Resolução: 10 bits
	Gama do espectro eletromagnético: 360-970 nm
Eletrocardiograma (ECG)	Número de Eléttodos: 2
	CMRR: 110 dB
	Impedância de Entrada: 1000GΩ 3pF
	Limites: 0 - 3 mV
	Ganho: 1100
	Largura de Banda: 0,5 -40 Hz
Acelerómetro	Resolução: 10 bits
	Largura de Banda: 0 - 50 Hz
Comunicação	Limites: +/- 3g
	Bluetooth 2.0
Dimensões	100x60mm



A plataforma é composta por vários kits para fácil utilização da leitura de sinais, com o objetivo de criação de sensores *wearables* ou para a integração com sistemas desenvolvidos pelo utilizador. Na página do fabricante encontra-se uma vasta documentação disponível. Visto que pode ser utilizado sem qualquer tipo de programação necessária inicialmente, é indicado para atividades laboratoriais nomeadamente relativas à aquisição e análise de biosinais. Exemplos são os testes desenvolvidos por [7-9].

Foi utilizado o software OpenSignals para a visualização, gravação e posterior análise dos biosinais. É compatível com BITalino, BITalino (r)evolution, biosignalsplux e motionplux, e suporta até três aparelhos simultaneamente.

O BITalino é um microcontrolador que possui todas as características para a viabilidade dos testes experimentais. Com apenas o sensor de ECG que está incluído no BITalino (r)evolution, é possível obter a frequência cardíaca, que é o primeiro passo para a realização de um projeto de maior escala. Com a frequência cardíaca torna-se possível esboçar já um vasto leque de conclusões acerca do estado de saúde do animal.

Adicionando ao BITalino componentes com a capacidade de medir a temperatura corporal e um sistema de localização como o GPS, tem-se um sistema que verifica os fatores mais importantes para um diagnóstico precoce e para uma acertada prevenção de roubo.

4.1 Colocação dos sensores

A auscultação do batimento cardíaco é realizada na mão esquerda da vaca, como está representado na Figura 3 [10].



Figura 3 - Localização da auscultação do batimento cardíaco [6].

Apesar de esta ser a técnica mais comum, o objetivo deste sistema é que esta avaliação seja feita automaticamente. Após uma extensa pesquisa, a conclusão a tirar é que ainda não existem sistemas automatizados para esta medição. Contudo, ao realizar várias medições com o microcontrolador BITalino e o seu sensor de ECG, verificou-se que a melhor medição foi a realizada precisamente na zona representada na Figura 3, por ser a abordagem com o resultado mais similar ao obtido através da auscultação.

4.2 Resultados

Na Figura 4 encontra-se um dos locais onde foi realizada uma medição, de forma a apurar as diferenças dos resultados nas diferentes zonas.



Figura 4 - Medição na zona do pescoço.

Nas medições realizadas no pescoço do animal expostas na Figura 5, o sinal não corresponde aos valores normais e os resultados obtidos não são plausíveis, pois encontram-se muito acima do normal, apesar de o animal em questão se encontrar saudável e sem qualquer tipo de alterações. Na medição realizada na zona anterior à mão esquerda do animal, e apesar de o sinal não ser regular conforme exposto na Figura 6, os valores obtidos encontram-se dentro dos parâmetros normais apresentados na tabela 1 (62 bpm).



Figura 5 - Amostra do sinal obtido na zona do pescoço.

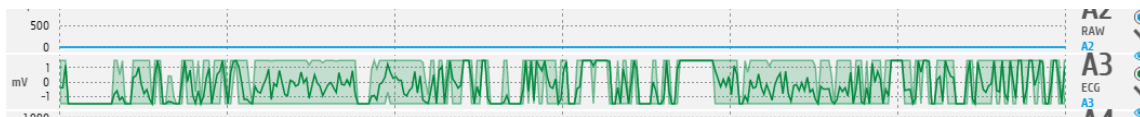


Figura 6 - Sinal obtido na medição realizada na zona anterior à mão esquerda do animal.

Como referido anteriormente, o local onde ocorreu uma aquisição de sinal acertada foi atrás da mão esquerda do animal. É necessário retomar estas medições de forma correta no pescoço dos indivíduos, de modo a que o sistema seja personalizável e continue não invasivo.

A aposta na aplicação das tecnologias da informação e comunicação & eletrónica (TICE) na agropecuária tem seguido um ritmo muito rápido e muito diversificada. Com a adoção de tecnologias cada vez mais eficientes e modernas, a agricultura no geral melhora a sua competitividade e a produção é realizada de forma mais sustentável.

As TICE dirigidas à monitorização de gado apresentam algumas características comuns. O posicionamento preciso e geolocalização a partir do GPS, o mapeamento geográfico, os sensores e os sistemas de comunicação constituem um sistema completo e de extrema precisão no que toca à monitorização de sinais vitais.

Dentro da eletrónica, inclui-se ainda a aquisição e o processamento de dados, dirigida ao controlo, regulação e atuação. Estas vertentes da tecnologia aliadas a uma extensa pesquisa acerca de saúde veterinária permitem a criação de um sistema de monitorização precisa.

Esta proposta de sistema de monitorização de gado com base nas TICE permitirá avaliar o batimento cardíaco e temperatura de cada animal. A avaliação correta destes dois parâmetros apenas revela-se muito útil para grande parte das patologias e anomalias que constituem perdas económicas para os produtores. Com uma monitorização precisa, é possível contornar estes acontecimentos prejudiciais a uma produção.



5. Conclusões

As TICE são cada vez mais utilizadas na agricultura, o que traz muitas oportunidades de otimizar e expandir o negócio dos produtores devido à automação dos processos.

A implementação de um sistema de monitorização torna-se uma vantagem a longo prazo para qualquer produção. Doenças como a hipocalcemia têm como consequência a perda de lucro antes de qualquer tipo de ganhos. Tendo a possibilidade de prever e prevenir as patologias com maior efeito nos lucros, os produtores podem de forma intuitiva e precisa, realizar uma avaliação precoce e preventiva do estado do animal.

Ainda assim, trata-se de um trabalho em desenvolvimento pois o posicionamento dos sensores, a relevância e incidência de cada doença são fatores que ainda devem ser estudados de forma aprofundada. Serão parâmetros cruciais para uma avaliação exata do panorama geral de uma produção.

Referências

- [1] The Global Food Challenge. Retrieved June 11, 2017, from <http://www.cema-agri.org/page/global-food-challenge>
- [2] Livestock and the environment. Retrieved June 11, 2017, from <http://www.fao.org/livestock-environment>
- [3] MSD (2016). MSD Veterinary Manual, 11th edition. Merck Manuals. Merck & Co., Inc. (MSD), Kenilworth, NJ, USA.
- [4] Awasthi, A., Awasthi, A., Riordan, D., & Walsh, J. (2016). Non-Invasive Sensor Technology for the Development of a Dairy Cattle Health Monitoring System. *Computers*, 5(4), 23. doi:10.3390/computers5040023
- [5] Bitalino. Retrieved June 11, 2017, from <http://bitalino.com/>
- [6] Guerreiro, J., Martins, R., Silva, H., Lourenço, A. & Fred, A. (2013). BITalino: A multimodal platform for physiological computing. 10th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics, 500-506, Reykjavik, Iceland.
- [7] Brandão, I. (2015). Dispositivo Eletrónico para Aquisição e Processamento de Múltiplos Sinais Fisiológicos e Ambientais. Dissertação de Mestre em Instrumentação Biomédica. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Instituto Politécnico de Coimbra.
- [8] Assunção, R. (2016). Determinação das frequências cardíaca e respiratória do cão através da técnica de fotopletagemografia e descrição espectral do sinal. Dissertação de Mestre em Medicina Veterinária. Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias.
- [9] Lourenço, D. (2016). Desenvolvimento de sistema para recolha, armazenamento, processamento e análise de sinais biométricos para classificação de processos fisiológicos. Dissertação de Mestre em Engenharia Biomédica. Universidade de Coimbra.
- [10] Denwood, M. (2012). Clinical examination of the cow (University of Glasgow). Retrieved June 12, 2017, from <http://www.gla.ac.uk/t4/-vet/files/teaching/clinicalexam/examination/left.html>